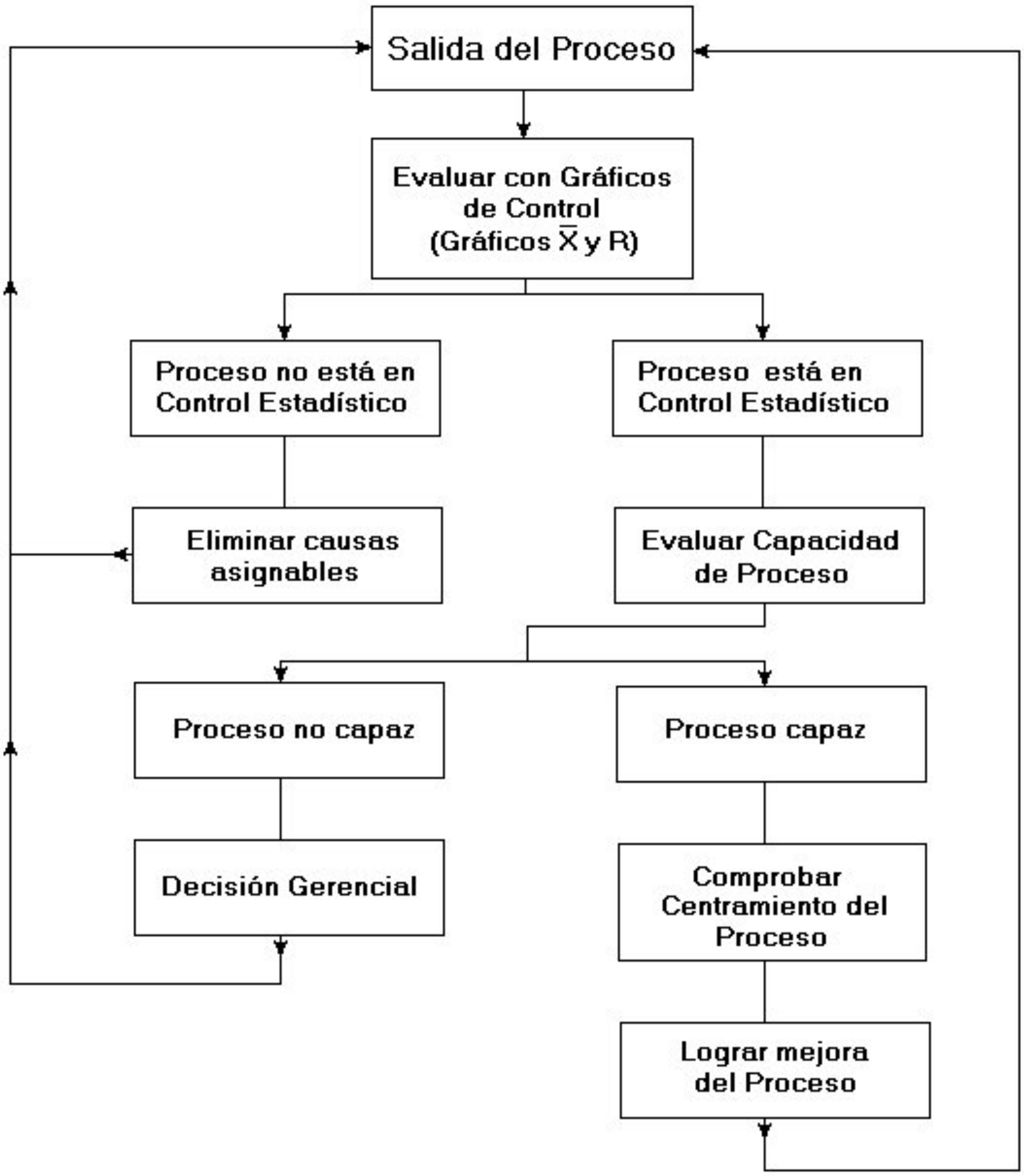
Los Gráficos de Control de Shewart

La idea tradicional de inspeccionar el producto final y eliminar las unidades que no cumplen con las especificaciones una vez terminado el proceso, se reemplaza por una estrategia más económica de prevención antes y durante del proceso industrial con el fin de lograr que precisamente estos productos lleguen al consumidor sin defectos. Así las variaciones de calidad producidas antes y durante el proceso pueden ser detectadas y corregidas gracias al empleo masivo de Gráficas de Control

Según este nuevo enfoque, existen dos tipos de variabilidad. El primer tipo es una variabilidad aleatoria debido a "causas al azar" o también conocida como "causas comunes". El segundo tipo de variabilidad, en cambio, representa un cambio real en el proceso atribuible a "causas especiales", las cuales, por lo menos teóricamente, pueden ser identificadas y eliminadas.
Los gráficos de control ayudan en la detección de modelos no naturales de variación en los datos que resultan de procesos repetitivos y dan criterios para detectar una falta de control estadístico. Un proceso se encuentra bajo control estadístico cuando la variabilidad se debe sólo a "causas comunes".
Los gráficos de control de Shewart son básicamente de dos tipos; gráficos de control por variables y gráficos de control por atributos. Para cada uno de los gráficos de control, existen dos situaciones diferentes; a) cuando no existen valores especificados y b) cuando existen valores especificados.
Se denominan "por variables" cuando las medidas pueden adoptar un intervalo continuo de valores; por ejemplo, la longitud, el peso, la concentración, etc. Se denomina "por atributos" cuando las medidas adoptadas no son continuas; ejemplo, tres tornillos defectuosos cada cien, 3 paradas en un mes en la fábrica, seis personas cada 300, etc.

Antes de utilizar las Gráficas de Control por variables, debe tenerse en consideración lo siguiente:
a.− El proceso debe ser estable
b.− Los datos del proceso deben obedecer a una distribución normal
c.− El número de datos a considerar debe ser de aproximadamente 20 a 25 subgrupos con un tamaño de muestras de 4 a 5, para que las muestras consideradas sean representativas de la población.
d.− Los datos deben ser clasificados teniendo en cuenta que, la dispersión debe ser mínima dentro de cada subgrupo y máxima entre subgrupos
e.− Se deben disponer de tablas estadísticas

Las etapas que deben tomarse en cuenta para mejorar el proceso están esquematizadas en la siguiente figura:



El siguiente ejemplo enseña cómo utilizar estas gráficas

Gráficas de Control X y R, por variables (sin valores especificados)

En la siguiente tabla se muestran los pesos de los sobres de un determinado alimento. Cada media hora se realizan 4 mediciones por muestra, sumando un total de 20 muestras. Los límites de tolerancia son 0,5360 (LST) y 0,4580 (LIT) Con esto se pretende evaluar el comportamiento del proceso y hacer un control del mismo respecto a su localización y dispersión, con el objeto que el proceso cumpla con las especificaciones preestablecidas.

SUBGRUPO	PESO (g)				PROMEDIO	INTE
Nº	X_1	X_2	X_3	X_4	X	
1	0,5053	0.4821	0,5103	0,5090	0,5017	0,
2	0,5102	0,5028	0,4958	0,5069	0,5039	0,
3	0.5221	0,5142	0,5116	0,5121	0,5150	0,
4	0,5074	0,5023	0,4892	0,4954	0,4986	0,
5	0,4816	0,5112	0,5223	0,5041	0,5048	0,
6	0,4862	0,5028	0,5122	0,4972	0,4996	0,
7	0,5111	0,5122	0,5332	0,4951	0,5129	0,
8	0,5328	0,5021	0,5125	0,5100	0,5144	0,
9	0,4912	0,5145	0,5069	0,4910	0,5009	0,
10	0,4652	0,4856	0,4895	0,4555	0,4740	0,
11	0,5160	0,4847	0,5095	0,5124	0,5056	0,
12	0,5010	0,4795	0,5023	0,5136	0,4991	0,
13	0,4864	0,5015	0,5046	0,5045	0,4992	0,
14	0,5023	0,5125	0,5012	0,5111	0,5068	0,
15	0,5005	0,5055	0,5091	0,5044	0,5049	0,
16	0,4952	0,4978	0,4975	0,5124	0,5007	0,
17	0,5046	0,4860	0,4965	0,4851	0,4930	0,
18	0,5029	0,4850	0,4998	0,4650	0,4882	0,
19	0,4721	0,4585	0,4686	0,4925	0,4729	0,
20	0,4652	0,4596	0,4681	0,4852	0,4695	0,

Primero debemos calcular las medias tanto de la media de cada muestra (X doble raya) como la de su amplitud o recorrido (R)
Para ello utilizamos las siguientes fórmulas:

$$\overline{\overline{X}} = \frac{\sum_{i=1}^{k} \overline{X}_i}{k}$$

$$\overline{R} = \frac{\sum_{i=1}^{k} R_i}{k}$$

donde X (doble raya) = 0,4970 y R (raya) = 0,0224

Para construir los Gráficos de Control por variables, se tiene que tener en cuenta que al determinar si un proceso está bajo "control estadístico", siempre se debe analizar primero la gráfica R. Como los límites de control en la gráfica X (raya) dependen de la amplitud promedio, podrían haber causas especiales en la gráfica R que produzcan comportamientos anómalos en la gráfica X (raya), aún cuando el centrado del proceso esté bajo control.

Para el gráfico R, se tiene que:
Límite Central (LC) = R (raya)= ,0224
Límite Superior de Control (LSC)

$$LSC = D_4 \times \bar{R}$$

donde LSC = 0,0511, el valor de D se consigue en una tabla estadística (para este caso es 2,282 con un tamaño de grupo n = 4).

Límite Inferior de Control (LIC)

$$LIC = D_3 \times \bar{R}$$

donde LIC = 0, porque para todo proceso en que se considera un n < 7, el LIC no se indica en la gráfica.

El gráfico R es el siguiente:

Como se puede apreciar, el gráfico R no presenta variaciones fuera del límite superior,por lo tanto la dispersión de los datos es aceptable para calcular el gráfico X (raya).

Para el gráfico X (raya), se tiene que

Límite Central (LC) = X (doble raya)= 0,4970

Límite Superior de Control (LSC)

$$LSC = \overline{\overline{X}} + A_2\overline{R}$$

donde LSC = 0,5133, el valor de A2 se consigue en una tabla estadística (para este caso el valor es 0,729 con un tamaño n =4).

Límite Inferior de Control (LIC)

$$LIC = \overline{\overline{X}} - A_2\overline{R}$$

donde LIC = 0,4807

El gráfico X (raya) es el siguiente:

Como se puede apreciar un punto queda fuera del rango calculado, por lo tanto el proceso se encuentra fuera de control estadístico.
En este caso, habría que investigar y eliminar la causa asignable, que podría haberse debido al uso de algún material defectuoso o una mala lectura del instrumento. Este dato debe eliminarse de la gráfica y recalcular todo de nuevo pero sin considerar el subgrupo 8.

Nota.− Esto no siempre es así, si los puntos fuera de control son de tal magnitud, entonces no queda más remedio que una vez encontrada y eliminadas las causas en la práctica, habría que repetir el proceso, recogiendo nuevos datos.

Después de la corrección, los resultados son:

Gráfico R corregido

R (raya) = LC = 0,0231
LSC = 0,0527

LIC = 0

Gráfico X (raya) corregido

X (doble raya) = LC = 0,4979
LSC = 0,5147
LIC = 0,4811

Los gráficos son los siguientes:

Como se puede apreciar en ambos gráficos, ahora el proceso se encuentra en "control estadístico".

Cálculo de la Capacidad del Proceso

La capacidad del proceso sólo puede ser evaluada en el caso de que el proceso se encuentre bajo control estadístico y se puede definir como aquellos límites dentro de los cuales la única fuente de variación son las causas comunes o aleatorias del sistema.
Por lo tanto, es un estado ideal para el buen funcionamiento de todo el sistema lograr que todos sus procesos sean estables,

ICP = Cp = Indice de Capacidad del Proceso

$$ICP = \frac{\textbf{tolerancia especificada}}{\textbf{dispersión del proceso}} = \frac{LST - LIT}{6\,\hat{\sigma}}$$

donde LST es el límite superior de tolerancia y LIT el límite inferior de tolerancia. Sigma sombrero es la desviación estándar estimada, y es igual a:

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

El valor de la constante d2 se obtiene a partir de tablas estadísticas. En este caso d2 = 2,059 para n = 4.
Sigma sombrero = 0,0112 y Cp = 1,159

Según el convenio, un proceso:
Es capaz si Cp > = 1
No es capaz si Cp < 1
Por lo tanto, el PROCESO ES CAPAZ

Lo que se debe conseguir para lograr una mejora sustancial es que el Cp sea mayor que 1,33. Algunos autores señalan incluso que un Cp > 1,5 es más fiable para dar "seguridad" acerca de la estabilidad del proceso. Sin embargo, antes de cualquier mejora debemos primero calcular el centramiento del proceso.

Centramiento del Proceso

Es evidente que el valor de Cp no depende del promedio del proceso, ya que este promedio puede ser el resultado de un error sistemático en el sistema, es decir, que los datos obtenidos están más bajo o más alto de la media poblacional real o del valor que hemos fijado como centro.
Para determinar si el proceso está o no centrado existen diversas fórmulas para resolverlo, una de ellas, ajusta el valor de Cp con un factor (1 − K), como sigue:

Cpk = Cp (1 − k), en la cual:

$$K = \frac{LST + LIT - 2\,\bar{\bar{X}}}{LST - LIT}$$

K = |0,5360 + 0,4580 − (2 x 0,4979)| / (0,5360 − 04580)
K = 0,100
Cpk = Cp (1 − k)
Cpk = 1,159 x (1 − 0,100)

Cpk = 1,28
La fórmula para obtener K se entiende mejor si la reescribimos de otra manera:
K = 2 | promedio − objetivo | / tolerancia
Aquí podemos apreciar que si el promedio es igual al objetivo, que es lo ideal, el proceso queda totalmente centrado, ya que k = 0, y por tanto Cpk = Cp.

Conclusiones

Ahora bien, al comparar Cpk = 1,3 con el valor de Cp = 1,2 encontramos que el proceso se encuentra bastante centrado, ya que Cpk es aproximadamente igual a Cp.

Un Cp de 1,2 demuestra que el proceso es capaz, por lo que es aceptable para muchos clientes

Nota.− Hay empresas que son más exigentes y colocan como requisito a sus proveedores un Cp >= 2 en los contratos de compra.